

12/PRIS

03SGL0180WOP

Schott Glas

Verfahren zum Verbinden von Substraten und Verbundelement

5 Beschreibung

• Art der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verbinden von
Substraten im Allgemeinen und zum Verbinden von Substraten
10 mit elektrischen, halbleitenden, mechanischen und/oder
optischen Bauelementen sowie ein Verbundelement im
Besonderen.

Hintergrund der Erfindung

15

Verbindungstechniken finden für eine Vielzahl von technischen
Bereichen Anwendung. Beispielhaft sei an dieser Stelle die
Gehäusebildung für elektronische Bauelemente genannt, mittels
welcher z.B. elektronische Schaltkreise eingeschlossen
20 werden.

So sind Verfahren bekannt, bei denen Bauelemente oder
integrierte Schaltungen auf einem Halbleiterchip oder noch im
Verbund einer Halbleiterscheibe bzw. Wafers mit einem Gehäuse
25 und mit elektrischen Anschlusskontakten versehen werden.
Findet die Montage des Chips bzw. der integrierten Schaltung
und die Verbindung der Kontaktgebiete des Chips mit den nach
außen geführten Kontakten des Gehäuses noch im Waferverbund

statt, so wird ein solches Montageverfahren im allgemeinen als „Wafer Level Packaging-Verfahren“ bezeichnet. Bekannt ist auch eine Gehäusung von einzelnen Chips oder Dies, sogenanntes „Single-Die-Packaging“.

5

Bei diesen Verfahren werden Bauteile, z.B. mit Epoxiden verklebt. Nachteilig beim Kleben ist jedoch eine geringe chemische Resistenz, schlechte optische Eigenschaften und die Gefahr der Verschmutzung von Bauteilen mit Klebstoff. Ferner unterliegen Klebstellen einem Alterungsprozess, was von einer Abnahme der Verbindungsqualität begleitet wird.

10

Zu den grundsätzlich bekannten Verbindungstechniken oder -verfahren gehört auch das sogenannte Bonden oder Bonding. Eine besondere Art des Bondens ist das sogenannte anodische Bonden, wobei an einer Grenzfläche unter Wärmebeaufschlagung eine Spannung angelegt und dadurch eine Ladungsträgerdiffusion forciert wird.

15

Wenngleich Bonding-Verfahren gegenüber epoxidischem Kleben eine Reihe von Vorteilen aufweisen, sind sie in ihrer Anwendung sehr beschränkt und daher unflexibel.

20

Nachteiliger Weise ist z.B. das anodische Bonden auf eine sehr eng begrenzte Anzahl von Materialien beschränkt, da die Ladungsträger in dem Material bereitgestellt werden müssen. So erfordert das anodische Bonden typischerweise z.B. alkali-haltige Materialien. Somit scheidet anodisches Bonden für eine Vielzahl von Anwendungen aus. Ähnliches gilt auch für andere Bonding-Verfahren.

25

30

Darüber hinaus tragen Bonding-Verfahren nicht auf, so dass sie sich bislang lediglich für planparallele Verbindungen eignen. Auch dies beschränkt den Anwendungsbereich erheblich.

Jedenfalls besteht nach wie vor ein großer Bedarf an vielseitigen und verbesserten Verbindungsverfahren.

5

Allgemeine Beschreibung der Erfindung

Die Erfindung hat sich daher die Aufgabe gestellt, ein Verbindungsverfahren bereit zu stellen, welches kostengünstig und vielseitig einsetzbar ist, insbesondere schnell und effizient arbeitet.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verbindungsverfahren bereit zu stellen, welches hinsichtlich der zu verbindenden Bauelemente oder Substrate im Wesentlichen materialunabhängig und insbesondere auch für empfindliche Substrate geeignet ist.

Noch eine Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verbindungsverfahren bereit zu stellen, welches eine hohe chemische und/oder physikalische Stabilität der Verbindung aufweist und eine dauerhaft dichte Verbindung gewährleistet.

Noch eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verbindungsverfahren bereit zu stellen, welches die Erzeugung von Hohlräumen oder Kavitäten gestattet.

Noch eine Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verbindungsverfahren bereit zu stellen, welches nicht lediglich für elektrische und elektronische Bauelemente, sondern auch für optische, elektro-optische, elektro-mechanische und/oder opto-elektro-mechanische Systeme geeignet ist.

Die Aufgabe der Erfindung wird in überraschend einfacher Weise bereits durch den Gegenstand der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen definiert.

5

Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zum Verbinden von zumindest zwei Substraten, insbesondere mit elektrischen, halbleitenden, mechanischen und/oder optischen Bauelementen vorgeschlagen.

10

Die Substrate sind vorzugsweise aus einem Material oder Materialverbünden, welches bzw. welche Glas, Keramik oder Halbleitermaterialien, insbesondere Silizium, III-V wie GaAs bzw. $\text{GaAl}_x\text{As}_{1-x}$ (VCSELs), II-VI InP (LEDs), aber auch andere organische oder anorganische Materialien wie z.B. Metalle, z.B. Kovar umfasst.

15

Insbesondere wird nach dem Bereitstellen eines ersten Substrats ein Verbindungselement mittels einer Strukturierung auf einer ersten Oberfläche des ersten Substrats erzeugt oder auf die erste Oberfläche des ersten Substrats aufgebracht. Das zweite Substrat kann ebenfalls strukturiert oder unstrukturiert sein.

20

Anschließend werden nach einem Bereitstellen eines zweiten Substrats das erste und zweite Substrat mittels des Verbindungselements verbunden. Insbesondere wird eine Oberfläche des zweiten Substrats mit einer Oberfläche des Verbindungselements temporär, z.B. als Schutz für weitere Bearbeitungsschritte oder dauerhaft verbunden. Auf diese Weise lässt sich in sehr einfacher Weise ein Verbundelement, z.B. ein hermetisch gekapselter oder gehäuster Chip oder „Die“ in „Single-Die-Technik“ oder im Waferverbund, sogenanntes „Wafer-Level-Packaging“ herstellen.

30

Beim „Wafer Level Packaging“ sind das erste und zweite Substrat durch einen ersten bzw. zweiten Wafer realisiert. Auf der ersten Oberfläche des ersten Wafers wird um jeden Halbleiterbereich oder späteren Chip ein Rahmen aufgedampft, so dass eine Vielzahl von lateral benachbarten und/oder lateral beabstandeten Rahmen erzeugt werden. Nach dem Verbinden der beiden Wafer zu einem Waferverbund wird dieser zwischen den Rahmen in einzelne Chips zerteilt, insbesondere zersägt. Vorteilhafter Weise werden somit eine Vielzahl von Chips in einem Arbeitsschritt gleichzeitig gehäust.

Die Gehäusung eignet sich besonders für elektronische Bauelemente, insbesondere für Halbleiter, optische und/oder mikromechanische Systeme.

Die Anwendungsgebiete sind höchst vielfältig, so eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren insbesondere zum Kapseln von mikro-elektromechanischen (MEMS), mikro-optischen (MOMS), mikro-elektromechanisch-optischen System (MOEMS) oder konventionellen Halbleiterbereichen oder -elementen auf einem der beiden zu verbindenden Substrate. Das Verbindungselement bildet bei dieser Anwendung z.B. einen, gegebenenfalls temporären, Anschlag für mikromechanische Bauelemente wie z.B. Mikroschalter oder Mikrospiegel.

Das Verbindungselement ist vorzugsweise ein Rahmen oder Bondrahmen, welcher auf der ersten Oberfläche eines der beiden Substrate abgeschieden wird und sich beim Abscheiden mit dem ersten Substrat dauerhaft und fest verbindet. Der Rahmen ist um seine Schichtdicke gegenüber der ersten Oberfläche des Substrats erhaben und stellt eine geeignete Bondfläche zur Verfügung.

Der Rahmen stellt dabei vollständig oder zumindest teilweise die Bondfläche zu einem oder mehreren weiteren Substraten bereit, insbesondere wenn der Rahmen mittels eines mehrstufigen Strukturierungsverfahrens aufgebracht wird.

5

Als besonders vorteilhaft hat es sich erwiesen, einen Rahmen aus einem binären Stoffsystem, insbesondere Glas oder aus einem glasartigen Material auf die erste Oberfläche abzuscheiden oder aufzudampfen. Als Glas wird insbesondere ein silikatisches oder borosilikatisches Glas, z.B. das Aufdampfglas 8329 und/oder G018-189 der Firma SCHOTT Glas verwendet. Ein Vorteil dieser Aufdampf- oder Beschichtungsverfahren ist das Aufbringen der isolierenden Glasschicht bei Raumtemperatur bis etwa 150°C, so dass
10 keinerlei Schädigung oder Oxidation der Substratoberfläche auch bei Metallsubstraten zu erwarten ist. Diesbezüglich wird auch auf die Anmeldungen
15 DE 202 05 830.1, eingereicht am 15.04.2002,
DE 102 22 964.3, eingereicht am 23.05.2002;
20 DE 102 22 609.1, eingereicht am 23.05.2002;
DE 102 22 958.9, eingereicht am 23.05.2002;
DE 102 52 787.3, eingereicht am 13.11.2002;
DE 103 01 559.0, eingereicht am 16.01.2003
desselben Anmelders verwiesen, deren Offenbarungsgehalt
25 hiermit ausdrücklich durch Referenz inkorporiert wird.

Als Verbindungselement oder Rahmen wird also bevorzugt eine strukturierte Glasschicht verwendet, welche z.B. durch eine Maske aufgedampft und strukturiert wird. Zur Strukturierung
30 haben sich fotolithografische Verfahren, z.B. mit einem Fotolack, insbesondere die sogenannte Lift-Off-Technik bewährt, welche dem Fachmann grundsätzlich bekannt ist.

Es können aber auch Masken verwendet werden, welche z.B. auf

das Substrat aufgeklebt oder beim Aufdampfen zwischen Target und Substrat angeordnet sind.

5 Das erfindungsgemäße Verbindungselement, insbesondere die derart aufgedampfte Glasschicht als Rahmen weist eine Vielzahl von Vorteilen auf.

10 Zunächst besitzt Glas exzellente Eigenschaften hinsichtlich der Stabilität, Hermetizität und chemischen Widerstandsfähigkeit, insbesondere gegen Lösungsmittel, Säuren und Laugen. Diese Eigenschaften entsprechen einem Borosilikatglas.

15 Das Verbindungselement ist sehr genau in seiner lateralen Position, insbesondere wenn fotolithografische Strukturierungsverfahren zum Einsatz kommen.

20 Das Verbindungselement ist sehr genau in seiner lateralen Abmessung und in seiner Höhe aufdampfbar. Letzteres ist nach den Erkenntnissen der Erfinder sogar weitgehend unabhängig davon welches Strukturierungsverfahren angewandt wird.

25 Ferner können die Verbindungselemente oder Rahmen kostengünstig im Verbund, z.B. auf Wafer-Level oder als Lose hergestellt werden.

30 Darüber hinaus ist das Verfahren sehr sauber und daher besonders tauglich z.B. für MEMS, wobei der Rahmen sogar unmittelbar auf das Substrat mit dem MEMS oder anderen Bauelement aufgedampft werden kann.

Die Herstellung des Rahmens, bzw. die Strukturierung der Glasschicht wird vorteilhaft bei niedrigen Temperaturen durchgeführt, so dass z.B. Lackmasken erhalten bleiben und

mit einem Lösungsmittel, z.B. Aceton wieder abgelöst werden können. Damit ist das Verfahren auch für temperaturempfindliche Substrate, z.B. Kunststoffsubstrate oder organische Substrate geeignet.

5

Weiter wird das Erzeugen des Verbindungselements oder die Strukturierung der Glasschicht ohne aggressive Ätzgase und/oder Flüssigkeiten durchgeführt, so dass auch empfindliche Substrate verwendet werden können.

10

Zum Verbinden der beiden Substrate bzw. des zweiten Substrats mit dem Rahmen oder Bondrahmen eignen sich insbesondere die folgenden Techniken: Kleben, Löten und/oder Bonden.

15

Hieran wird der außergewöhnliche Vorzug der Erfindung deutlich. Sie ist nicht nur höchst vielseitig bezüglich der anwendbaren Verbindungstechniken, sondern es können sogar Substrate mittels des Verbindungselements z.B. anodisch gebondet werden, selbst wenn das Material eines oder beider Substrate selbst nicht anodisch bondbar ist, z.B.

20

alkalifreies Glas wie AF45, AF37 oder AF32 der Firma SCHOTT Glas. Gegebenenfalls wird je ein Verbindungselement auf beide Substrate aufgebracht oder aufgedampft.

25

Zum anodischen Bonden wird ein Rahmen aus anodisch bondbarem Material, insbesondere umfassend ein alkalisches Glas verwendet. Dieser kann z.B. mittels sogenanntem Direct-Bonding auf das Glassubstrat mit Bondlayer mit diesem verbunden werden.

30

Alternativ zum anodischen Bonden eignet sich auch Fusion Bonding, Sol-Gel-Bonding und/oder Low-Temperature-Bonding. Diese Verfahren sind dem Fachmann grundsätzlich bekannt. Dennoch macht sich hieran ein weiterer Vorzug der Erfindung

fest, da das Aufdampfmaterial oder Material des Bondrahmens unabhängig von dem Substratmaterial an das gewünschte Bondverfahren angepasst werden kann. Somit sind Substrate aus nahezu jedem Material mittels des oder der

- 5 Verbindungselemente mit nahezu jedem Bondverfahren kombinierbar, wodurch vollkommen neue Anwendungsfelder mit enormem Potential eröffnet werden.

- 10 Alternativ oder ergänzend wird die Oberfläche des Rahmens mit einer Metallisierung versehen und anschließend legierungs- oder weichgelötet. Gegebenenfalls wird die Bondfläche aktiviert.

- 15 Als Material für das erste und/oder zweite Substrat wird z.B. ein Wafer oder Chip aus einem Halbleitermaterial, z.B. Silizium, aus einem organischen Material, aus Glas, insbesondere ein silikatisches oder borosilikatisches Glas, z.B. Borofloat 33, aus Keramik oder aus Metall verwendet.

- 20 Der Rahmen ist insbesondere geschlossen, z.B. ein Vieleck aus geraden oder gekrümmten Stegen, ein Kreis oder ein beliebiges anderes Gebilde und das zweite Substrat wird hermetisch dicht mit dem Rahmen fest und dauerhaft verbunden. Hierdurch entsteht eine hermetische Kapselung oder Gehäusung der
- 25 Bereiche innerhalb des Rahmens, wobei das erste und zweite Substrat, insbesondere innerhalb des Rahmens, voneinander beabstandet sind, so dass ein Hohlraum oder eine Kavität gebildet wird. Es bleibt also zumindest ein Bereich innerhalb des Rahmens auf der Oberfläche des ersten Substrats frei von
- 30 Rahmenmaterial.

Alternativ kann aber auch ein offener Rahmen mit Unterbrechungen der Stege aufgebracht werden, um eine Belüftung der Kavität zu erzielen.

Insbesondere wird die Dicke des Rahmens an die jeweilige Anwendung angepasst, wobei eine Kavität zwischen den beiden Substraten entsteht. Für die genannten Anwendungen haben sich
 5 Aufdampfdicken im Bereich von 100 μm bis 1 μm , vorzugsweise 10 μm bis 2 μm oder 4 μm erwiesen. Grundsätzlich sind Dicken von 1 mm bis 0,1 μm oder 10 nm erzielbar, bevorzugt sind insbesondere Dicken $< 10 \mu\text{m}$ oder $< 3 \mu\text{m}$, es sind aber auch Dicken $< 0,5 \mu\text{m}$ erreichbar.

10

Die Breite der Bondfläche kann sehr unterschiedlich sein, sie wird im Wesentlichen nur durch das erreichbare Aspektverhältnis der Maske für das Strukturierungsverfahren begrenzt. Breite Rahmen können bis hin zu mehreren
 15 Millimetern Stegbreite aufweisen oder sogar die gesamte Fläche des Substrats einnehmen.

Der Rahmen weist vorzugsweise eine Struktur- oder Stegbreite $\leq 10 \text{ mm}$, insbesondere $\leq 1 \text{ mm}$ oder $\leq 100 \mu\text{m}$, besonders
 20 bevorzugt von 1 μm bis 500 μm auf. In den Grenzfällen zu schmalen Rahmen sind Stegbreiten von $< 100 \text{ nm}$ oder sogar von wenigen 10 nm erreichbar. Im Vergleich z.B. zu einem einfach ausgeführten Siebdruck ist man nicht durch Korngrößen im Material beschränkt.

25

Erfindungsgemäß können mit der Lift-Off-Technik gute Aspektverhältnisse auch für Mikro-/Nanostrukturen, z.B. $3 \mu\text{m} / 2 \mu\text{m} = 3:2$ mit einfachen Mitteln erzeugt werden. Es können folglich Aspektverhältnisse von > 1 oder $\geq 1,5$
 30 erzielt werden.

In vorteilhafter Weise lassen sich also mit dem erfindungsgemäßen Verfahren sehr schmale und dennoch relativ dicke oder hohe Rahmen erzeugen, sodass ein hinreichender

Abstand zwischen den beiden Substraten bei gleichzeitiger lateraler Platzersparnis hergestellt wird.

Die Erfinder haben darüber hinaus festgestellt, dass sich
5 schmale Rahmen besonders gut und hermetisch dicht bonden lassen. Andererseits wurde herausgefunden, dass für eine hermetische Gehäusung, gegebenenfalls mit einer kontrollierten Atmosphäre, bereits ein schmaler Rahmen oder Glasrahmen mit einer Stegbreite von 5 μm oder 10 μm bis
10 1000 μm eine wirkungsvolle Diffusionssperre für Gase, Feuchtigkeit und aggressive Medien bildet.

In der Kavität ist z.B. ein MEMS, MOMS, MOEMS und/oder ein Halbleiterbereich eines Siliziumchips oder -wafers angeordnet
15 und gehäust oder hermetisch gekapselt.

Ergänzend kann vorgesehen sein, innerhalb des Rahmens ein oder mehrere Stützelemente, z.B. Stützpunkte oder -bereiche auf der ersten Oberfläche des ersten Substrats innerhalb des
20 Rahmens anzuordnen, wobei dies vorzugsweise in dem selben Verfahrensschritt wie das Erzeugen des Rahmens durchgeführt wird. Die Stützelemente und/oder Rahmen umfassen geschlossene Rahmenformen, z.B. rund, mehr-eckig oder oval, aber auch Teile von Rahmenformen, z.B. Linien, Ecken, Rundungen, Punkte
25 und wirken im Wesentlichen als Abstandshalter.

Vorzugsweise dient das obere Plateau des Bondsrahmens, also eine sich insbesondere zur Substratoberfläche im Wesentlichen parallel erstreckende Oberfläche des Aufdampfglases als
30 Bondfläche. Hierbei hat der aufgebrachte Rahmen die Funktion einen vorbestimmten Abstand zwischen dem ersten Substrat und einem oder mehreren zweiten Substraten zu definieren.

Alternativ kann durch einen partiellen Rahmen auch ein genau

vorbestimmter Neigungswinkel bei der Montage des zweiten Substrats gegenüber dem ersten Substrat erzielt werden. Ein geneigtes Design ist z.B. für Optokappen, sogenanntes „Einzel-VCSEL Packaging“ vorteilhaft, um eine Teilreflexion des Lasers für die Monitordiode zu nutzen. Daher sind das erste und zweite Substrat in verbundenem Zustand insbesondere im Wesentlichen parallel oder geneigt zueinander.

Ferner alternativ kann auch eine Seitenwand des Rahmens als Bondfläche verwendet werden. Weiter ist es möglich, nicht planare Oberflächen mit Glas zu beschichten.

Gemäß einer besonders bevorzugten Weiterbildung der Erfindung werden mehrere Rahmen ineinander geschachtelt. Dies erhöht die Hermetizität und Sicherheit um ein Vielfaches.

Ferner kann innerhalb des Rahmens oder zwischen den ineinander geschachtelten Rahmen ein Klebstoff zum Verbinden eingebracht werden. Alternativ wird ein vorbestimmtes Fluid, also ein vorbestimmtes Gas, welches nicht Luft ist oder eine Flüssigkeit und/oder Partikel in die Kavität und/oder in den Zwischenraum zwischen den geschachtelten Rahmen eingebracht, bevor das erste und zweite Substrat verbunden werden. Das Fluid kann die Zwischenräume oder Kanäle durchströmen und eine Kühlflüssigkeit, eine sensorische Flüssigkeit, einen Farbfilter und/oder ein oder mehrere Reaktionsgase umfassen.

Der Rahmen weist vorzugsweise eine Minstdicke auf, welche dafür sorgt, das sich die beiden Substrate und/oder darauf befindliche Bauelemente im gehäusten Zustand nicht berühren.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind auf einem der Substrate, z.B. dem ersten Substrat Leiterbahnen, z.B. zur Kontaktierung von

Halbleiterelementen angeordnet.

Bevorzugt wird die Glasschicht in Form des Rahmens auf die Leiterbahnen aufgedampft, so dass diese zumindest

5 bereichsweise hermetisch durch den Rahmen durchgeführt oder eingeschlossen sind. Bevorzugt bleibt ein Abschnitt der Leiterbahnen auf einer oder beiden Seiten des Steges frei, um später kontaktiert zu werden. Bevorzugt wird jeweils ein Steg oder Rand des Rahmens quer zu den Leiterbahnen aufgebracht.

10 Nach dem Verbinden des Rahmens mit dem zweiten Substrat führen die Leiterbahnen somit hermetisch dicht durch den Rahmen von außen in die Kavität. Dabei können die Leiterbahnen nicht nur lateral, sondern auch vertikal zu dem ersten Substrat verlaufen und sich dergestalt durch das

15 Verbindungselement hindurch erstrecken, so dass eine lateral oder vertikal verlaufende elektrische Verbindung durch die hermetische Kapselung hergestellt werden kann.

Gegebenenfalls wird der Rahmen nach dem Erzeugen auf der

20 ersten Oberfläche des ersten Substrats oder genauer nach dem Aufdampfen, insbesondere abrasiv, mittels chemisch mechanischem Polieren oder einem anderen geeigneten Verfahren planarisiert. Dadurch werden vorteilhafter Weise Unebenheiten ausgeglichen, welche durch die Dicke der Leiterbahnen

25 verursacht werden und somit ein gleichmäßiges Bonding erzielt.

Ferner können Justierelemente oder -hilfen auf der ersten oder einer zweiten Oberfläche des ersten Substrats erzeugt

30 werden, wobei die zweite Oberfläche der ersten Oberfläche gegenüberliegt. Derartige Justierhilfen, z.B. in Form von Rahmen, Punkten und/oder Linien sind vorteilhaft für die Justage von Linsensystemen oder anderen optischen oder mechanischen Bauelementen.

Weiter wird vorzugsweise ein weiteres Verbindungselement auf der zweiten Oberfläche des ersten Substrats oder dessen Rückseite erzeugt, um eine Vielzahl von Substraten zu einem Stapel zu verbinden. Auch dies wird vorzugsweise vor dem Zerteilen oder „Dicing“ durchgeführt und erhöht abermals den Durchsatz.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert, wobei gleiche und ähnliche Elemente mit gleichen Bezugszeichen versehen sind und die Merkmale der verschiedenen Ausführungsbeispiele miteinander kombiniert werden können.

Kurzbeschreibung der Figuren

Es zeigen:

- 20 Fig. 1a-e schematische Schnittdarstellungen der Herstellung eines Substratverbunds in verschiedenen Verfahrensstadien gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung,
- Fig. 2 eine Draufsicht auf geschachtelte Bondrahmen auf einem Substrat gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung,
- 25 Fig. 3 eine schematische Schnittdarstellung entlang der Linie A-A in Fig. 2,
- Fig. 4 eine Ausschnittsvergrößerung des Bereichs C in Fig. 3,
- 30 Fig. 5 eine schematische Draufsicht auf geschachtelte Bondrahmen auf einem Substrat gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung,
- Fig. 6 eine schematische Schnittdarstellung entlang der

- Linie D-D in Fig. 5,
- Fig. 7 eine schematische Draufsicht auf einen Wafer mit einer Vielzahl von Bondrahmen gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung,
- 5 Fig. 8a eine Ausschnittsvergrößerung des Bereichs E in Fig. 7,
- Fig. 8b wie Fig. 8a, jedoch mit aufgedampfter Glasschicht,
- Fig. 8c wie Fig. 8b, jedoch nach Lift-Off,
- Fig. 9 eine schematische Schnittdarstellung eines
- 10 Ausschnittes des vierten Ausführungsbeispiels nach dem Bonden,
- Fig. 10 eine schematische Draufsicht auf einen Ausschnitt eines Wafers mit überdampften Leiterbahnen gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung,
- 15 Fig. 11 eine Ausschnittsvergrößerung des Bereichs G in Fig. 10 in einer Schnittdarstellung entlang der Linie H-H,
- Fig. 12a eine Ausschnittsvergrößerung des Bereichs G in Fig. 10 in einer Schnittdarstellung entlang der
- 20 Linie K-K,
- Fig. 12b wie Fig. 12a nach einem Planarisieren,
- Fig. 13 acht Beispiele für Formen des Bondrahmens,
- Fig. 14 Ergebnisse einer TOF-SIMS-Messung,
- Fig. 15 eine fotomikroskopische Aufnahme strukturierter
- 25 Glasschichten,
- Fig. 16 eine fotomikroskopische Aufnahme eines sechsten Ausführungsbeispiels der Erfindung,
- Fig. 17 eine fotomikroskopische Aufnahme eines siebten Ausführungsbeispiels der Erfindung und
- 30 Fig. 18 eine schematische Darstellung eines Wafers mit Lochmaske für einen Dichtigkeitstest.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

Fig. 1a zeigt ein Substrat 2 aus Metall. Alternativ kann das Substrat 2 auch ein Silizium-, Keramik- oder Glassubstrat sein. Auf das Substrat 2 ist ein Fotolack 4 mit einem dem Fachmann bekannten Verfahren aufgebracht und fotolithografisch strukturiert. In diesem Fall repräsentiert die Lackschicht eine auf dem Substrat fest haftende Maske. Alternativ kann auch eine nicht haftende Abdeckmaske oder Schattenmaske verwendet werden.

Bezugnehmend auf Fig. 1b wird anschließend eine geschlossene Glasschicht 6 aus dem Aufdampfglas 8329 auf das Substrat 2 und den Fotolack 4 aufgedampft.

Bezugnehmend auf Fig. 1c wird der Fotolack 4 mit den darauf befindlichen Abschnitten 8 der Glasschicht 6 mittels Aceton entfernt. Die Abschnitte 10 bleiben mit dem Metallsubstrat 2 fest verbunden. Dieses Verfahren wird als Lift-Off bezeichnet und ist dem Fachmann bekannt.

Bezugnehmend auf Fig. 1d verbleibt das Substrat 2 mit einer strukturierten Glasschicht in Form eines Bondrahmens 10:

Wie in Fig. 1e dargestellt ist, wird ein Decksubstrat 12 aus Silizium auf den Bondrahmen 10 anodisch gebondet, um ein Verbundelement 20 zu bilden, wobei die Bondstellen mit 14 bezeichnet sind. Aufgrund der Dicke oder Höhe H des Bondrahmens 10 entsteht eine Kavität 16 mit einer Höhe H' , welche nicht wesentlich größer ist als H , so dass ein Halbleiterbauelement 18 auf dem Decksubstrat 12 von dem Metallsubstrat 2 beabstandet ist.

Wieder Bezug nehmend auf Fig. 1b wird die Glasschicht 6

mittels Elektronenstrahlverdampfung aufgebracht. Dieses Verfahren ist zwar seit Jahren bekannt, wird aber bisher hauptsächlich zur mechanischen und optischen Vergütung von Kunststoff- oder Glas-Brillenlinsen verwendet, wobei
 5 lediglich flächige Schichten aufgetragen wurden.

Mit dem Aufdampfglas 8329 (entgastes Duran) sind hohe Aufdampfraten von bis zu 4 $\mu\text{m}/\text{min}$, insbesondere $> 10 \text{ nm}/\text{min}$ oder $> 100 \text{ nm}/\text{min}$ möglich. Besonders bevorzugt sind etwa
 10 500 nm/min . Das übertrifft z.B. Sputterraten um ein Vielfaches und macht den Einsatz dieses Verfahrens für die erfindungsgemäße Anwendung äußerst interessant. Sputterschichten von Einkomponentensystemen, z.B. SiO_2 lassen sich nämlich lediglich mit Sputterraten von wenigen
 15 Nanometern pro Minute aufbringen.

Es werden folgende Parameter zum Aufbringen der geschlossenen Glasschicht 6 auf das Metallsubstrat 2 eingestellt:

20 BIAS Temperatur während der Verdampfung: 100°C
 Druck während der Verdampfung: 10^{-4} mbar

Ferner wird ein Metallsubstrat 2 mit einer Oberflächenrauigkeit $< 50 \mu\text{m}$ verwendet und ein Aufdampfglas
 25 ausgewählt, dessen Temperatúrausdehnungskoeffizient (CTE) moderat dilathermisch an das Metallsubstrat 2 und/oder an das Decks substrat 12 angepasst ist. Das CTE des Glases 8239 beträgt 3,3 ppm/K , was etwa dem CTE von Silizium entspricht.

30 Aufgrund intensiver Versuche haben die Erfinder die Gläser 8329 oder G018-189 von SCHOTT Glas für Beschichtungen von Metall mit thermischer oder Elektronenstrahlverdampfung als besonders geeignet herausgefunden. Diese Aufdampfgläser zeigen eine sehr gute Beständigkeit gegen Lösungsmittel,

Feuchte (85°, 85%, 1000h) und Temperatur ($T < T_g$). Die Gläser haben ferner sehr gute thermo-mechanische Eigenschaften, sogar bei tiefen Temperaturen ($< -100^\circ\text{C}$), so dass eine Verwendung für supraleitende elektronische Bauelemente
5 möglich erscheint. Andererseits sind die Gläser auch bei hohen Temperaturen ($> 300^\circ\text{C}$) und daher insbesondere auch für Leistungselektronik, wie Power-CMOS-Bauelemente verwendbar.

Die Fig. 2 und 3 zeigen eine Anordnung aus vier ineinander
10 geschachtelten Bondrahmen 110a bis 110d, welche ein elektronisches Bauelement 118 auf einem Substrat 102 eingrenzen.

Bezugnehmend auf Fig. 4 wird ein Epoxid-Klebstoff 124 im
15 Bereich der Rahmen 110a bis 110d aufgetragen, wobei die Oberfläche des Rahmens mit Klebstoff bedeckt und der Zwischenraum zwischen den Rahmen mit Klebstoff gefüllt ist. Hierdurch wird die Festigkeit der Verbindung erhöht. Ferner nehmen die Rahmen den Kleber besser auf und vereinfachen den
20 Ablauf des Klebprozesses.

Gegebenenfalls wird der Kleber unter Vakuum aufgebracht, um das Vollaugen der Zwischenräume zu verbessern. Weiter dient die Mehrzahl an Rahmen als Crack-Stop zur Erhöhung der
25 mechanischen Belastbarkeit des Verbundelements und zur Erhöhung der Zuverlässigkeit. Dabei ist die Mehrzahl der Rahmen mit jeweils einer kleineren Stegbreite b leichter und stabiler als ein einzelner massiver Rahmen von gleicher Summenstegbreite B .

30 Bezugnehmend auf Fig. 5 sind innerhalb der Bondrahmen 210a bis 210d punktförmige Stützelemente 226 und ein Stützrahmen 228 zum Stützen des Decksubstrats 212 und zur Sicherung der Kavitätshöhe H' im Bereich des Bauelements 218 angeordnet.

Die Stützelemente 226 und der Stützrahmen 228 sind nicht mit dem Decksubstrat 212 verbunden, dieses liegt lediglich lose auf.

5 Bezugnehmend auf die Fig. 7 und 8a bis 8c wird im Folgenden ein Ausführungsbeispiel für mikro-optisch-elektromechanische Systeme (MOEMS) erläutert. Es wird ein strukturiertes Glassubstrat 302 als Decksubstrat zum Gehäuse von Imagesensoren im Waferverbund verwendet. Als „Abstandshalter“
10 und sogenanntes „Sealing“ Element wird eine Kavität im Gehäuse benötigt. Die Kavität ermöglicht beispielsweise die Funktion von mikrooptischen Elementen, wie Mikrolinsen und/oder Mikrospiegeln.

15 Wegen der optischen Funktion des Glassubstrats 302 versagen hier herkömmliche Verfahren oder können keine kostengünstige Lösung bieten. Subtraktive Verfahren wie Ätzen, Schleifen (sogenanntes Grinding), Ultraschallschwingläppen, Sandstrahlen oder Pressen vermag zwar grundsätzlich Kavitäten
20 erzeugen, bei diesen würde jedoch die optisch hochwertige Innenfläche des Substrats 302 beeinträchtigt werden. Daher wird erfindungsgemäß die Bondingstruktur additiv aufgebracht.

In Fig. 9 ist ein silikatisches Glassubstrat 302 mit einer
25 Vielzahl von rechteckigen Fensterabschnitten 303 dargestellt, wobei jeder Fensterabschnitt 303 vollständig mit Fotolack 304 bedeckt ist. Das Substrat 302 ist in seinen thermo-mechanischen Eigenschaften an das zweite Substrat 312, einen Silizium-Wafer mit einem CMOS-Imagesensor 318 angepasst
30 (vgl. Fig. 9). Das Substrat 302 wird mit dem Aufdampfglas 8329 strukturiert und dadurch mit einer Vielzahl von Rahmen der Höhe 5 µm versehen. In diesem Beispiel ist das Substrat 302 ein polierter Borofloat-33-Wafer (CTE: 3,3 ppm/K) mit einem Durchmesser von 150 mm und einer Dicke von 500 µm.

Der Fotolack 304 ist in Fig. 7 und 8a bereits strukturiert und weist um jeden Fensterabschnitt 303 eine rechteckige Aussparung 305 auf. Die Belackung umfasst z.B. AZ mit einer
5 Dicke von 10 μm , wobei der Fotolack in einem sogenannten Maskaligner belichtet und entwickelt sowie anschließend mittels sogenanntem „Softcure“ ausgehärtet ist. Dies ermöglicht einen späteren Lift-Off-Prozess z.B. in Aceton.

10 Fig. 8b zeigt die Waferoberfläche, welche in einem nachfolgenden Verfahrensschritt mit einer Glasschicht bedampft wurde. Das mit Photolack strukturierte
Negativ-Abbild ist mit einer 5 μm dicken Glasschicht aus 8329 mit einer Abscheiderate von etwa 1 μm pro Minute bedampft.
15 Die spätere Oberfläche oder der Fensterabschnitt 303 der Kavität wird durch die Fotolackmaske geschützt so dass das Aufdampfglas in diesen Bereichen nicht in Kontakt mit dem Substrat 302 kommen kann, sondern auf der Fotolackmaske
abgeschieden wird. In den freien Stellen 305 wird das Glas
20 8329 unmittelbar auf dem Substrat 302 abgeschieden.

Nachfolgend werden die auf der Lackmaske befindlichen Bereiche der aufgedampften Glasschicht mittels Lift-Off entfernt. Hierzu wird der Fotolack in Aceton abgelöst. Das
25 abgeschiedene Glas in den Bereichen 305 ohne Photomaske verbleibt auf dem Substrat 302 und bildet die gewünschte Struktur in Form einer Matrix aus Bondrahmen 310.

Fig. 8c zeigt den Waferausschnitt nach dem Lift-Off-
30 Verfahrensschritt.

Bezug nehmend auf Fig. 9 wird der strukturierte Borofloat 33-Wafer 302 anschließend auf ein zweites Substrat 312, welches eine Vielzahl von Imagesensoren 318 aufweist, anodisch

gebondet. Das Ergebnis ist somit eine Vielzahl von optoelektronischen Verbundelementen 320, welche auf Waferebene gehäust sind.

5 Abschließend werden die einzelnen Verbundelemente 320 entlang von Sägespuren 326 durch Zersägen (dicing) getrennt. Ein solches einzelnes Verbundelement 320 mit dem optoelektronischen Bauelement in Form des Imagesensors 318 auf einem Halbleitersubstrat 312 ist in Fig. 9 in einem
10 Schnitt dargestellt.

Auf dem Imagesensor 318 und innerhalb der hermetisch geschlossenen Kavität 316 sind über das Halbleitersubstrat oder den Wafer 312 erhabene, passive optische Bauelemente in
15 Form von Linsen 322 angebracht. Ferner sind in der Kavität 316 zwei Mikrospiegel 324, welche ggf. beweglich sind, angeordnet.

Das transparente Borofloat 33-Substrat 302 ist mittels
20 Bondstellen 314 auf den Bondrahmen 310, dessen Höhe H mit $5\text{ }\mu\text{m}$ größer als die Höhe der optischen Bauelemente 322 und 324 ist, anodisch gebondet. Somit ist ein hermetisch dichtes zumindest teilweise transparentes Gehäuse mit einer Kavitätshöhe von ebenfalls etwa $5\text{ }\mu\text{m}$ für den Imagesensor 318,
25 die Mikrolinsen 322 und Mikrospiegel 324 geschaffen.

Aufgrund des erfindungsgemäßen Verfahrens bleibt die optische Funktion des Substratglases 302 im Bereich der Kavität 316 vollständig unbeeinträchtigt.

30 Die erfindungsgemäß erzeugten Rahmen haben den weiteren Vorteil, dass die für das Vereinzeln notwendige Sägespur 326 frei bleiben kann.

Es sind ferner folgende Variationen möglich:

Soll das Substrat 302 z.B. zum Legierungslöten oder zum anodischen Bonden mit einem weiteren Glassubstrat verbunden werden, so wird vor dem Lift-Off-Verfahrensschritt ein Bondlayer aufgebracht. Hierzu wird entweder mittels physical vapor deposition (PVD) oder chemical vapor deposition (CVD) eine Metallschicht als Bondlayer oder mittels CVD ein Polysilicon-Bondlayer abgeschieden. Auf diese Weise wird der Bondlayer beim Lift-Off in einem Arbeitsschritt mit dem Rahmen 310 strukturiert.

Das anodische Bonden kann in kontrollierter Atmosphäre mit vorbestimmter Gaszusammensetzung und vorbestimmtem Druck ausgeführt werden, insbesondere im Falle eines hermetischen Bondings, so dass die Kavitäten 316 eine kontrollierte und vorbestimmte Atmosphäre aufweisen.

Ferner können Gase, biologische oder und/oder sensorische Flüssigkeiten und/oder Partikel in den Kavitäten 316 eingeschlossen werden.

Bezugnehmend auf Fig. 10 ist Ausschnitt aus einem Silizium-Wafer 402 mit einer Vielzahl von Halbleiterbereichen 418 dargestellt. Die Halbleiterbereiche 418 sind mit Leiterbahnen 430 kontaktiert. Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß den in Fig. 1a bis 1d dargestellten Schritte ist jeweils ein Bondrahmen 410 über die zu einem Halbleiterbereich gehörigen Leiterbahnen aus Aluminium aufgedampft. Alternativ können die Leiterbahnen Gold, Wolfram oder Titan-Wolfram umfassen. Die Stege 411 bis 414, welchen den rechteckigen Bondrahmen 410 bilden, sind quer über den Leiterbahnen 430 angeordnet.

Auf diese Weise können insbesondere nicht anodisch bondbare Strukturen wie die Leiterbahnen 430 auf einem Substrat 402 durch den aufgedampften Bond- oder Glasrahmen 410 überdeckt werden. Es wird folglich eine hermetische Überdeckung,
 5 insbesondere eine hermetische Durchführung der Leiterbahnen 430 erzeugt. Nach dem Verbinden mit einem Decksubstrat und dem Zerteilen entlang der Sägelinien 426 entsteht eine Vielzahl von hermetisch gekapselten Chips mit außen liegenden Kontakten.

10

Fig. 11 zeigt eine Ausschnittsvergrößerung des Bereiches G in Fig. 10, geschnitten entlang der Linie H-H.

15

Fig. 12a zeigt eine Ausschnittsvergrößerung des Bereiches G in Fig. 10 geschnitten entlang der Linie K-K vor dem Verbinden mit dem Decksubstrat. Die Leiterbahnen 430 weisen in diesem Beispiel eine relativ große Dicke oder Höhe von 2 μm auf und verlaufen quer zur Blattebene. Durch die Dicke der Leiterbahnen 430 ist beim Aufdampfen eine unebene
 20 Plateaufläche 415 des Bondrahmens 410 entstanden.

25

Bezug nehmend auf Fig. 12b wird zum Ausgleich der stärkeren Topographie und zur Erzeugung einer geeigneten ebenen Bondrahmenplateaufläche 415 diese mittels eines
 CMP-Verfahrens planarisiert. Sie kann ferner gleichzeitig auch merklich, z.B. vom 5 μm auf 4 μm gedünnt werden. Entsprechend kann auch mit jedem anderen nicht planaren Substrat verfahren werden. Es ist ferner denkbar den Bondrahmen bis jenseits der Oberfläche 431 der Leiterbahnen
 30 430 abzutragen, so dass die Leiterbahnen 430 von oben kontaktierbar sind (nicht dargestellt).

Bei einer geringeren Dicke der Leiterbahnen von typischerweise 400 nm kann gegebenenfalls auf eine

Planarisierung verzichtet werden.

Wird zur Überdeckung ein anodisch bondbares Glas, wie in diesem Beispiel 8329 verwendet, kann der Rahmen wiederum
5 anodisch mit einem Decksubstrat gebonded werden.

Im Folgenden sind Ergebnisse verschiedener Untersuchungen von aufgedampften Glasschichten aus dem Glas 8329 dargestellt.

10 Bezugnehmend auf Fig. 14 sind die Ergebnisse einer TOF-SIMS-Messung gezeigt, wobei die Zählrate als Funktion der Sputterzeit aufgetragen ist. Die Messung charakterisiert den Verlauf der Elementkonzentrationen des Glasrahmens. Es wurde eine Dickenkonstanz für den Glasrahmen von $< 1\%$ der
15 Schichtdicke ermittelt.

Bezugnehmend auf Fig. 15 sind aufgedampfte und fotolackstrukturierte Glasstrukturen des Glases 8329 nach dem Lift-Off dargestellt.

20 Bezugnehmend auf Fig. 16 ist ein Verbundelements 520 mit einem Borofloat-33-Substrat 502 und Leiterbahnen 530 und darüber gedampftem Glasrahmen 510, ähnlich dem fünften Ausführungsbeispiel gezeigt.

25 Die Dicke der Leiterbahnen 530 beträgt 200 nm und die Dicke des Glasrahmens 510 beträgt 4 μm . Bei diesem sechsten Ausführungsbeispiel ist das Decksubstrat ohne Planarisierungsschritt anodisch aufgebondet.

30 Es ist deutlich zu sehen, dass eine Bondverbindung lediglich in den Bereichen 540 und 542 besteht, während in den Bereichen 544 und 546 in der Nähe der Leiterbahnen 530 keine Bondverbindung hergestellt werden konnte. Das mangelhafte

Bonding ist wohl auf die durch die Leiterbahnen verursachten Unebenheit der Oberfläche oder Plateaufläche des Glasrahmens 510 zurückzuführen.

5 Bezugnehmend auf Fig. 17 ist ein ähnlich dem Verbundelement 520 aufgebautes Verbundelements 620 gezeigt. Bei dem Verbundelement 620 wurde der Glasrahmen 610 vor dem anodischen Bonden planarisiert. Der Glasrahmen 610 ist mit einer Dicke von 4 μm aufgedampft und wurde auf etwa 2 μm herunterpoliert. Die Dicke der Leiterbahnen 630 beträgt ebenfalls 200 nm.

Es ist deutlich zu sehen, dass die gesamte Oberfläche des Glasrahmens 610 gebondet ist, so dass ein hermetischer Abschluss der Kavität 616 gebildet wurde. Der Glasrahmen 610 weist eine Stegbreite von 300 μm und eine Größe von 3 mm x 3 mm auf.

Darüber hinaus wurden Dichtigkeitstests der Glasschicht 8329 wie folgt durchgeführt.

Es wurde ein Silizium-Wafer mit einer Ätzstopmaske versehen. Wie in Fig. 18 dargestellt ist, wurde der Wafer 97 in neun Lochareale 98 (1 cm x 1 cm) untergliedert. Der Einzellochabstand in den Arealen wurde von Reihe zu Reihe wie folgt verändert.

1. Reihe: 1mm Lochabstand
 2. Reihe: 0,5mm Lochabstand
 3. Reihe: 0,2mm Lochabstand
- 30 Alle quadratischen Löcher 99 besitzen eine Kantenlänge von 15 μm .

Nach Beschichten der nicht strukturierten Waferückseite mit einer 8 μm (Probe A) bzw. 18 μm (Probe B) Schicht aus dem

Glas 8329, wurde anschließend der Wafer in den Lochflächen bis zum Glas trockengeätzt. Der Erfolg des Ätzens konnte gut im Durchlichtmikroskop beobachtet werden.

- 5 Es sind Leckraten von zumindest $< 10^{-7}$ mbar l/sec erreichbar. Für dieses Ausführungsbeispiel ergab eine Helium-Leckmessung eine Leckrate von $< 10^{-8}$ mbar l/sec der Glasschicht und damit der hermetischen Kavität.
- 10 Erstaunlich ist auch die hohe Festigkeit der Glasschichtbereiche trotz erheblicher Durchwölbung des Wafers während der Messung im jeweiligen Messareal. Auch nach einer Temperung bei 200°C stellte sich keine Veränderung der Glasstruktur ein.
- 15 Ferner wurden Beständigkeitsmessungen des Glasrahmens nach DIN/ISO durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 wiedergegeben.

20 Tabelle 1:

Probenbezeichnung: 8329			
<u>Wasser DIN ISO 719</u> Klasse	Verbrauch HCl [ml/g]	Äquivalent Na ₂ O [µg/g]	Bemerkungen
HGB 1	0,011	3	keine
<u>Säure DIN 12116</u> Klasse	Abtrag [mg/dm ²]	Gesamt-Oberfläche [cm ²]	Bemerkungen/ sichtbare Veränderungen
1 W Als Werkstoff	0,4	2 x 40	unverändert
<u>Lauge DIN ISO 695</u> Klasse	Abtrag [mg/dm ²]	Gesamt-Oberfläche [cm ²]	Bemerkungen/ sichtbare Veränderungen
A 2 Als Werkstoff	122	2 x 14	unverändert

Es ist dem Fachmann ersichtlich, dass die vorstehend
beschriebenen Ausführungsformen beispielhaft zu verstehen
sind, und die Erfindung nicht auf diese beschränkt ist,
sondern in vielfältiger Weise variiert werden kann, ohne den
5 Geist der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Verbinden von zumindest zwei Substraten,
5 insbesondere mit elektrischen, halbleitenden,
mechanischen und/oder optischen Bauelementen, umfassend
die Schritte
Bereitstellen eines ersten Substrats,
Erzeugen eines Verbindungselements auf einer ersten
10 Oberfläche des ersten Substrats,
Bereitstellen eines zweiten Substrats und
Verbinden des ersten und zweiten Substrats mittels
des Verbindungselements.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1,
wobei das Verbindungselement auf der ersten Oberfläche
des ersten Substrats abgeschieden wird und sich beim
Abscheiden mit dem ersten Substrat verbindet.
- 20 3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei das Verbindungselement auf die erste Oberfläche
des ersten Substrats aufgedampft wird.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
25 wobei als Verbindungselement ein Rahmen aufgedampft
wird.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei innerhalb des Verbindungselements ein oder mehrere
30 Stützelemente auf der ersten Oberfläche des ersten
Substrats erzeugt werden.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei als Verbindungselement eine Mehrzahl von

ineinander geschachtelten Rahmen aufgedampft wird.

- 5 7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei der Schritt des Erzeugens des Verbindungselements
ein Aufdampfen eines binären Stoffsystems umfasst.
- 10 8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei als Verbindungselement eine Glasschicht durch eine
Maske aufgedampft und strukturiert wird.
9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei das Verbindungselement mittels Lift-off-Technik
strukturiert wird.
- 15 10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei das Verbindungselement und das zweite Substrat
verklebt, verlötet oder gebondet werden.
- 20 11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei das Verbindungselement und das zweite Substrat
mittels anodischem Bonding, Fusion Bonding, Sol-Gel-
Bonding oder Low-Temperature-Bonding verbunden werden.
- 25 12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei
das erste und zweite Substrat einen ersten bzw.
zweiten Wafer umfasst,
auf der ersten Oberfläche des ersten Wafers eine
Vielzahl von lateral benachbarten Verbindungselementen
30 erzeugt werden und
nach dem Verbinden des ersten und zweiten Wafers zu
einem Waferverbund, der Waferverbund in einzelne Chips
zerteilt wird.

13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei zwischen dem ersten und zweiten Substrat und
innerhalb des Rahmens eine Kavität gebildet wird.
- 5 14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei auf der ersten Oberfläche des ersten Substrats
Leiterbahnen angeordnet sind und das Verbindungselement
derart auf die erste Oberfläche aufgedampft wird, dass
die Leiterbahnen zumindest teilweise abgedeckt werden.
- 10 15. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei sich die Leiterbahnen lateral oder vertikal durch
das Verbindungselement hindurch erstrecken.
- 15 16. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei das Verbindungselement nach dem Erzeugen auf der
ersten Oberfläche des ersten Substrats planarisiert
wird.
- 20 17. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei Justierelemente auf der ersten oder einer zweiten
Oberfläche des ersten Substrats erzeugt werden, wobei
die zweite Oberfläche der ersten Oberfläche
gegenüberliegt.
- 25 18. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei eine Vielzahl von Substraten zu einem Stapel
verbunden werden.
- 30 19. Verbundelement, insbesondere mit elektrischen,
elektronischen, halbleitenden, mechanischen und/oder
optischen Bauelementen, insbesondere hergestellt mit
einem Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
umfassend

ein erstes Substrat,
ein Verbindungselement auf einer ersten Oberfläche
des ersten Substrats,
ein zweites Substrat,
5 wobei das erste und zweite Substrat mittels
des Verbindungselements verbunden sind.

20. Verbundelement nach Anspruch 19,
wobei das Verbindungselement auf der ersten Oberfläche
10 des ersten Substrats abgeschieden und mit dem ersten
Substrat verbinden ist.
21. Verbundelement nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei das Verbindungselement auf der ersten Oberfläche
15 des ersten Substrats aufgedampft ist.
22. Verbundelement nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei als Verbindungselement ein Rahmen aufgedampft ist.
- 20 23. Verbundelement nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei innerhalb des Verbindungselements ein oder mehrere
Stützelemente auf der ersten Oberfläche des ersten
Substrats angeordnet sind.
- 25 24. Verbundelement nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei als Verbindungselement eine Mehrzahl von
ineinander geschachtelten Rahmen umfasst.
- 30 25. Verbundelement nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei das Verbindungselement ein binäres Stoffsystems
umfasst.
26. Verbundelement nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei das Verbindungselement eine strukturierte

Glasschicht umfasst.

- 5 27. Verbundelement nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei das Verbindungselement mittels Lift-off-Technik
strukturiert ist.
- 10 28. Verbundelement nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei das Verbindungselement und das zweite Substrat
miteinander verklebt, verlötet oder gebondet sind.
- 15 29. Verbundelement nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei das Verbindungselement und das zweite Substrat
mittels anodischem Bonding, Fusion Bonding, Sol-Gel-
Bonding oder Low-Temperature-Bonding verbunden sind.
- 20 30. Verbundelement nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei
das erste und zweite Substrat einen ersten bzw.
zweiten Wafer umfasst,
auf der ersten Oberfläche des ersten Wafers eine
Vielzahl von lateral benachbarten Verbindungselementen
angeordnet sind und
die Verbindungselemente mit einer Oberfläche des
zweiten Substrats verbunden sind.
- 25 31. Verbundelement nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei zwischen dem ersten und zweiten Substrat und
innerhalb des Rahmens eine Kavität gebildet.
- 30 32. Verbundelement nach Anspruch 31,
wobei die Kavität hermetisch abgeschlossen ist.
33. Verbundelement nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei auf der ersten Oberfläche des ersten Substrats

Leiterbahnen angeordnet sind, welche von dem Verbindungselement zumindest teilweise abgedeckt sind.

- 5 34. Verbundelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei sich die Leiterbahnen lateral oder vertikal durch das Verbindungselement hindurch erstrecken.
- 10 35. Verbundelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei zumindest eine Oberfläche des Verbindungselements planarisiert ist.
- 15 36. Verbundelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei Justierelemente auf der ersten oder einer zweiten Oberfläche des ersten Substrats angeordnet sind, wobei die zweite Oberfläche der ersten Oberfläche gegenüberliegt.
- 20 37. Zwischenerzeugnis zur Herstellung eines Verbundelements nach einem der vorstehenden Ansprüche, insbesondere mit elektrischen, elektronischen, halbleitenden, mechanischen und/oder optischen Bauelementen, umfassend
ein erstes Substrat,
ein Verbindungselement auf einer ersten Oberfläche des ersten Substrats,
25 wobei das Verbindungselement derart ausgebildet ist, dass das erste Substrat mittels des Verbindungselements mit einem zweiten Substrat verbindbar ist.
- 30 38. Stapel-Verbundelement, umfassend Vielzahl von Verbundelementen nach einem der vorstehenden Ansprüche, welche miteinander verbunden sind.
39. Verwendung einer aufgedampften Struktur zum Verbinden

von zwei Substraten, als Abstandshalter zwischen zwei Substraten oder als Justierelement, insbesondere gemäß einem Verfahren und/oder zur Herstellung eines Verbundelements nach einem der vorstehenden Ansprüche.

5

40. Verfahren zum Verbinden von Substraten mit elektrischen oder optischen Bauelementen, insbesondere nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei

10

ein erstes und zweites Substrat bereitgestellt werden,

in einem ersten Schritt ein Rahmen auf zumindest eine Oberfläche des ersten Substrats aufgebracht wird, wobei als Material für den Rahmen Glas verwendet wird und das Glas aufgedampft wird, und

15

in einem zweiten nachfolgenden Schritt eine Oberfläche des zweiten Substrats mit dem Rahmen verbunden oder gebondet wird, wobei zwischen dem ersten und zweiten Substrat und innerhalb des Rahmens eine Kavität gebildet wird.

20

41. Verbundelement, insbesondere mit elektrischen oder optischen Bauelementen auf einem Substrat, insbesondere nach einem der vorstehenden Ansprüche, umfassend

25

ein erstes und zweites Substrat, zumindest einen Rahmen, welcher auf einer Oberfläche des ersten Substrats aufgebracht ist, wobei der Rahmen eine strukturierte Glasschicht umfasst, welche aufgedampft ist und

30

einen Verbindungsbereich, in welchem eine Oberfläche des Rahmens mit einer Oberfläche des zweiten Substrats verbunden oder gebondet ist,

wobei eine Kavität zwischen dem ersten und zweiten Substrat innerhalb des Rahmens gebildet ist.

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verbinden von Substraten mit elektrischen, halbleitenden, mechanischen
5 und/oder optischen Bauelementen sowie ein Verbundelement.

Das Verfahren soll hinsichtlich der zu verbindenden Substrate im Wesentlichen materialunabhängig und insbesondere auch für empfindliche Substrate geeignet sein, dabei eine hohe
10 chemische und physikalische Stabilität aufweisen und/oder eine hermetische Kavität erzeugen.

Erfindungsgemäß wird ein erhabener Rahmen, insbesondere aus anodisch bondbarem Glas auf eines der beiden Substrate
15 aufgedampft, um als Verbindungselement zu dienen.

(1 - 12)

Fig. 1a

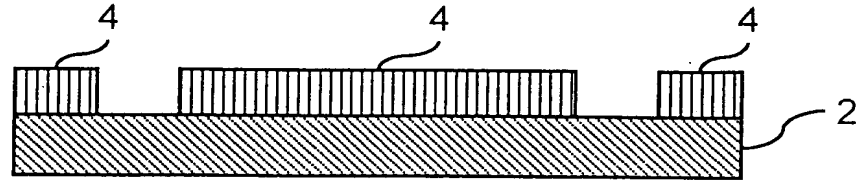


Fig. 1b

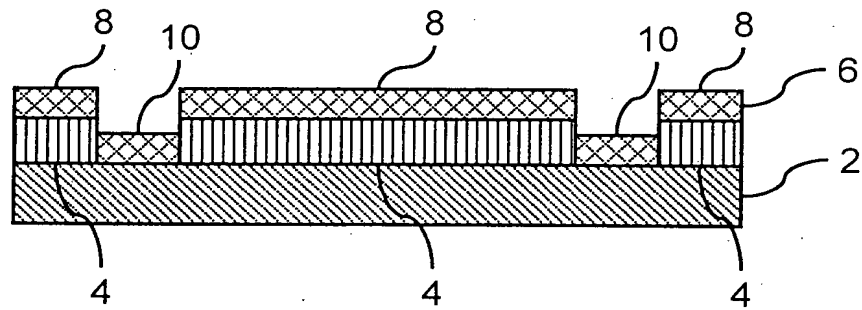
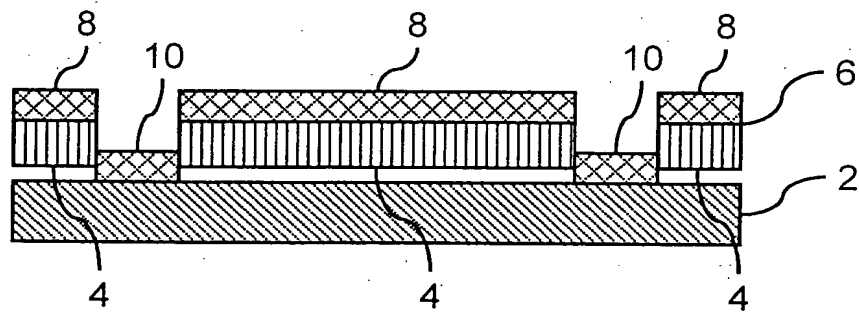


Fig. 1c



(2 - 12)

Fig. 1d

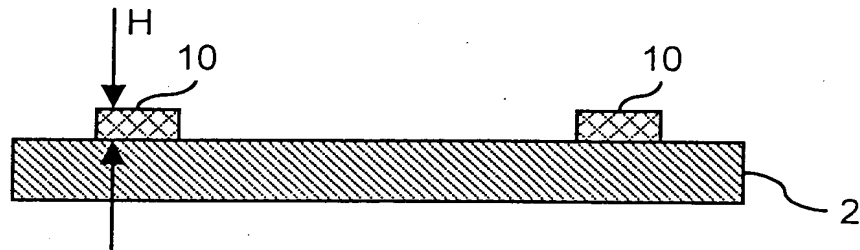
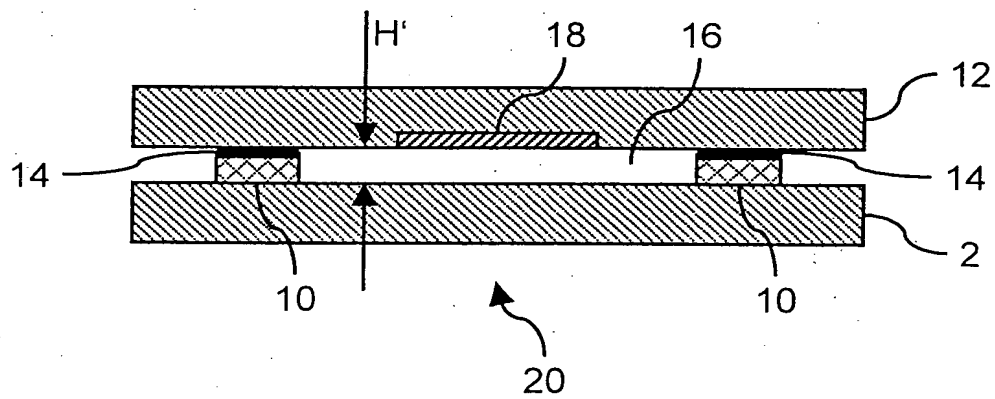


Fig. 1e



(3 - 12)

Fig. 2

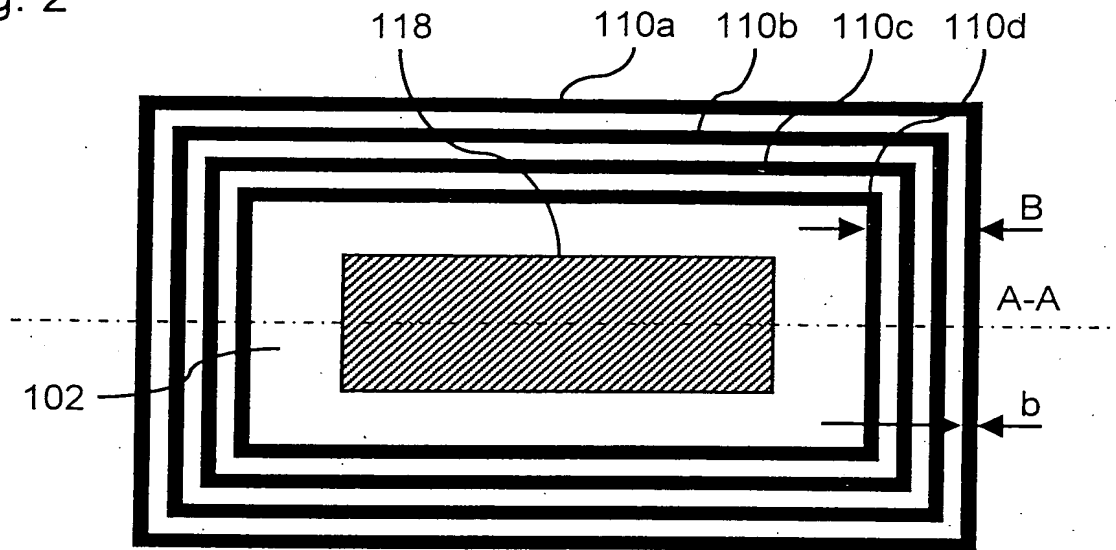


Fig. 3

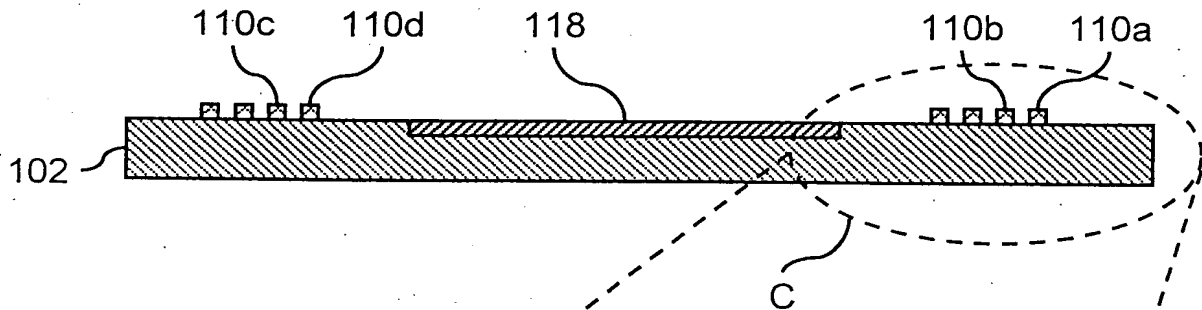
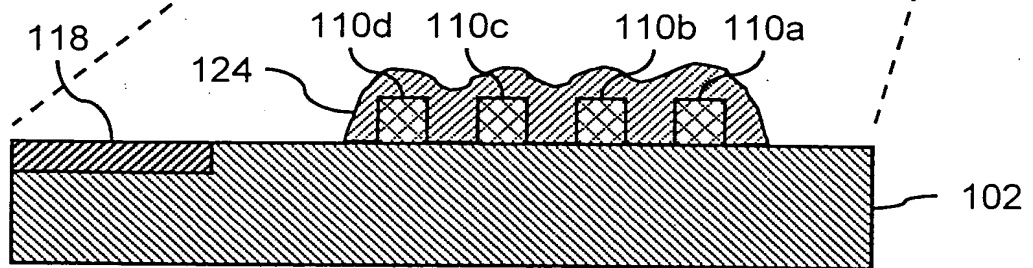


Fig. 4



(4 - 12)

Fig. 5

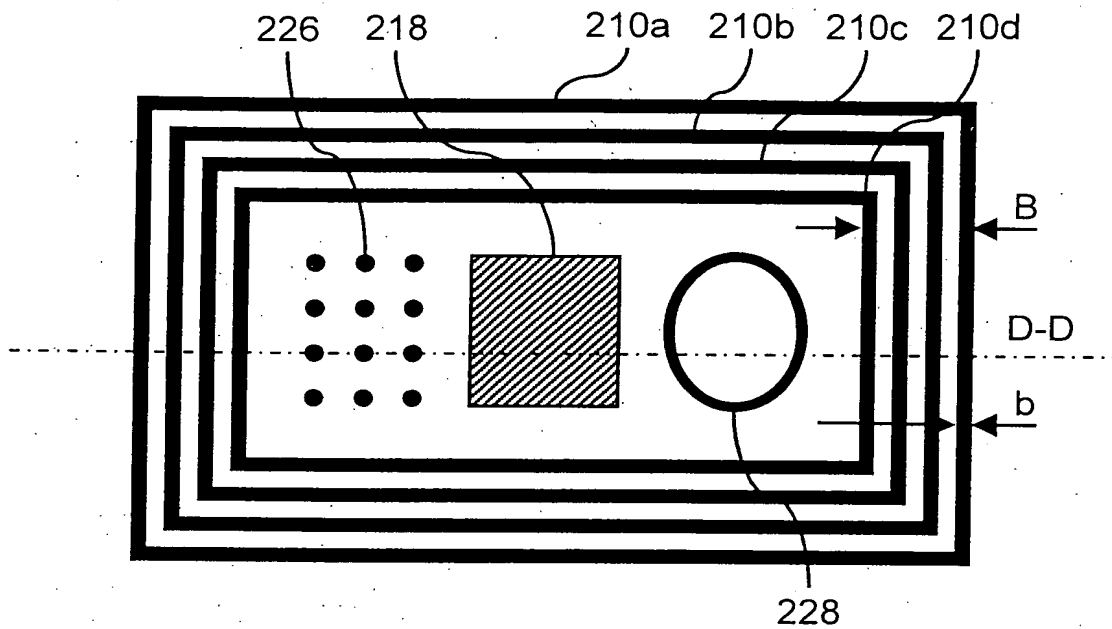
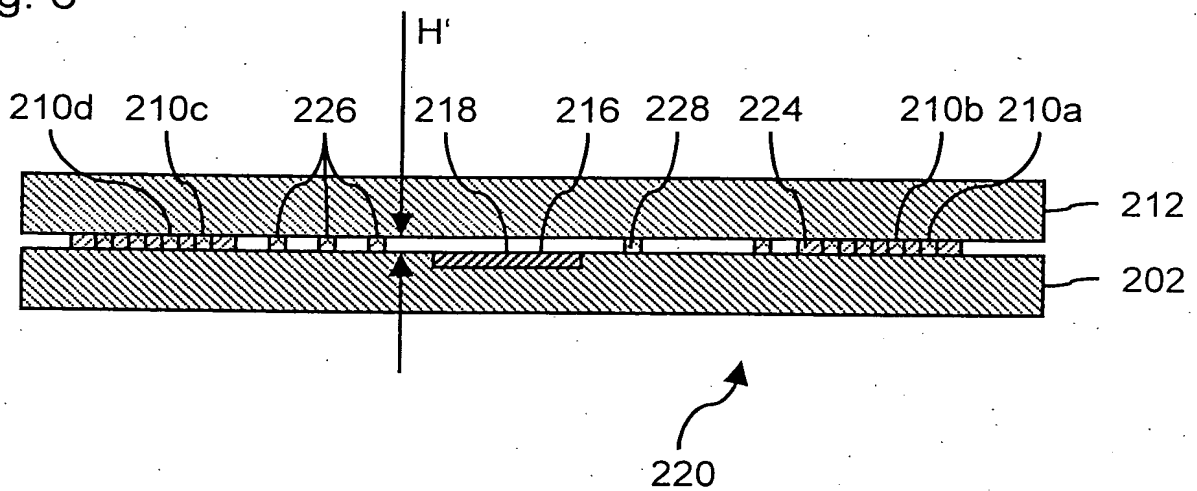


Fig. 6



(5 - 12)

Fig. 7

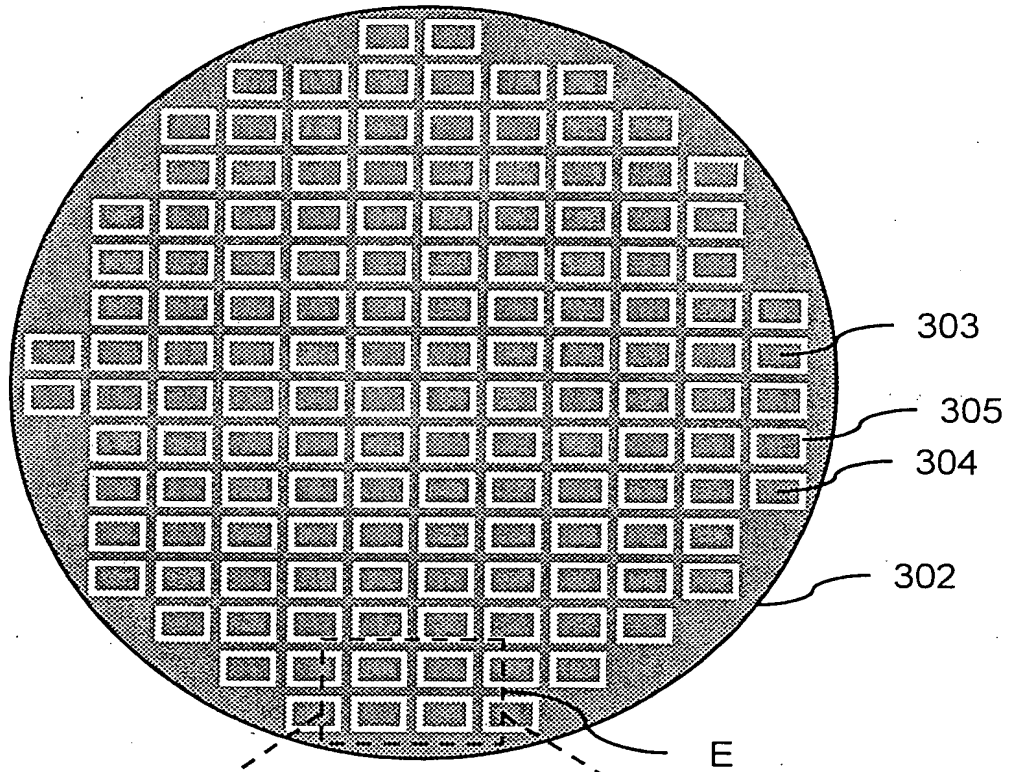
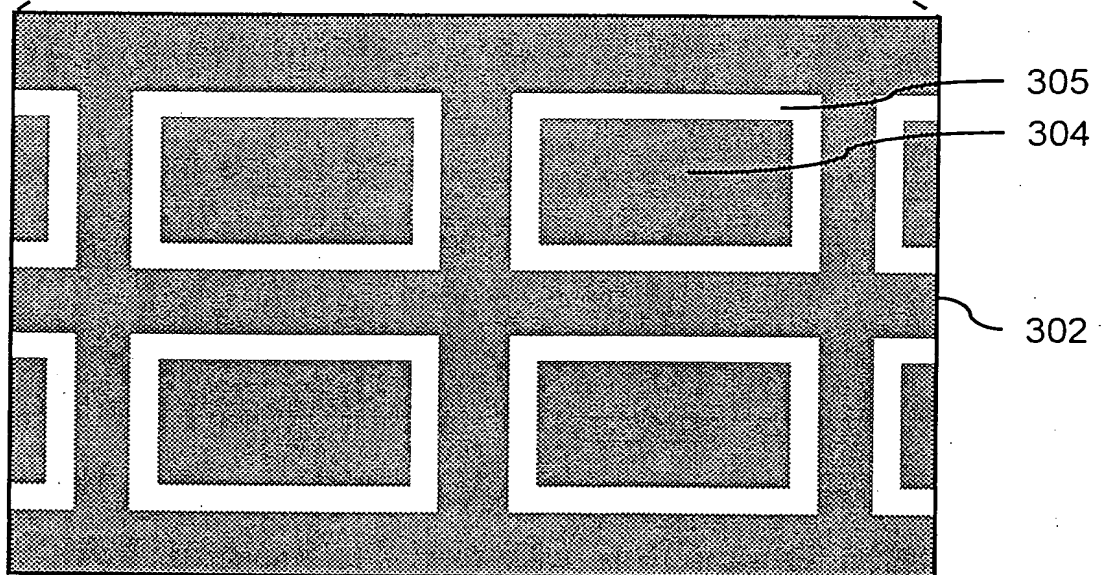


Fig. 8a



(6 - 12)

Fig. 8b

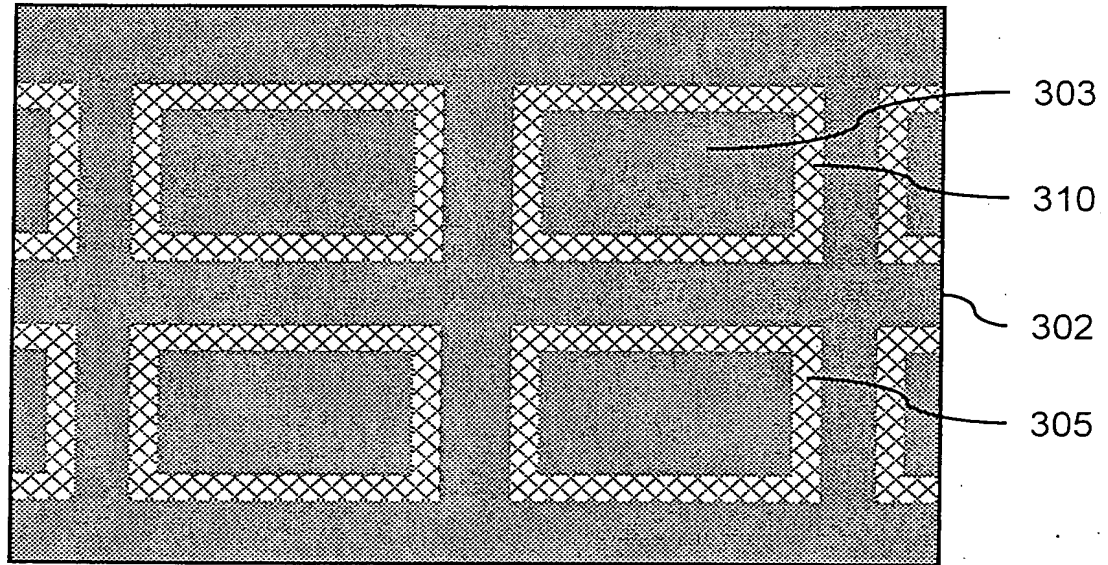
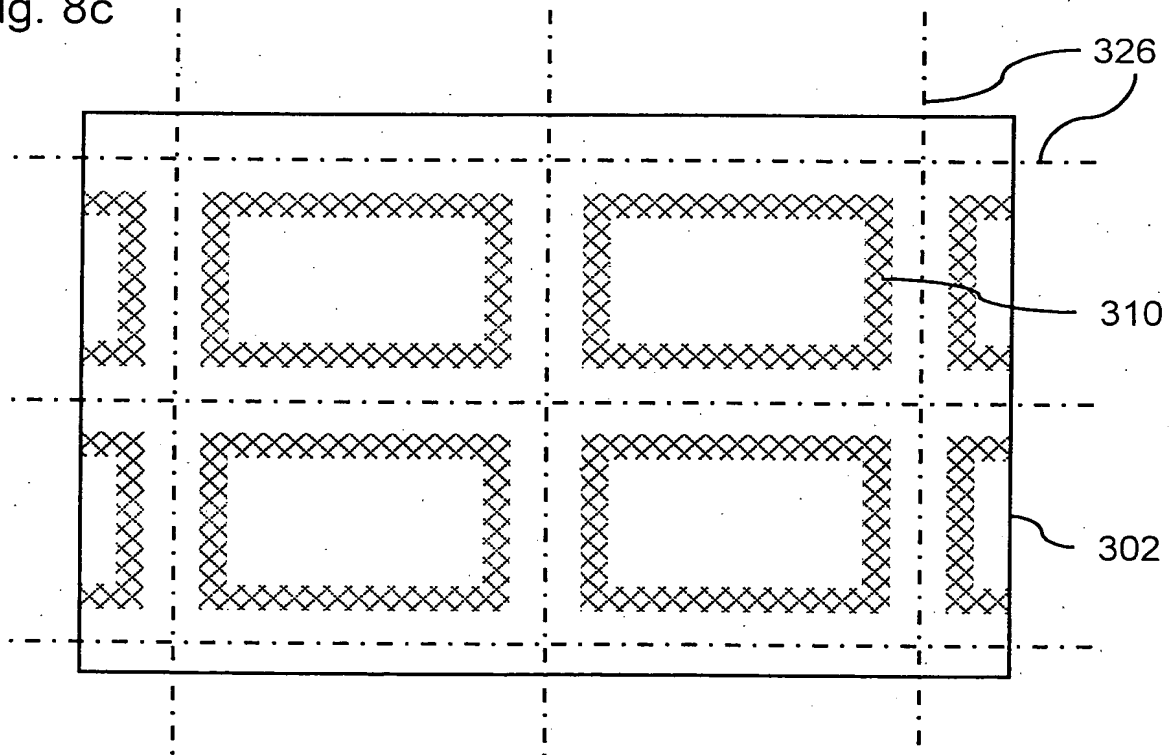


Fig. 8c



(7 - 12)

Fig. 9

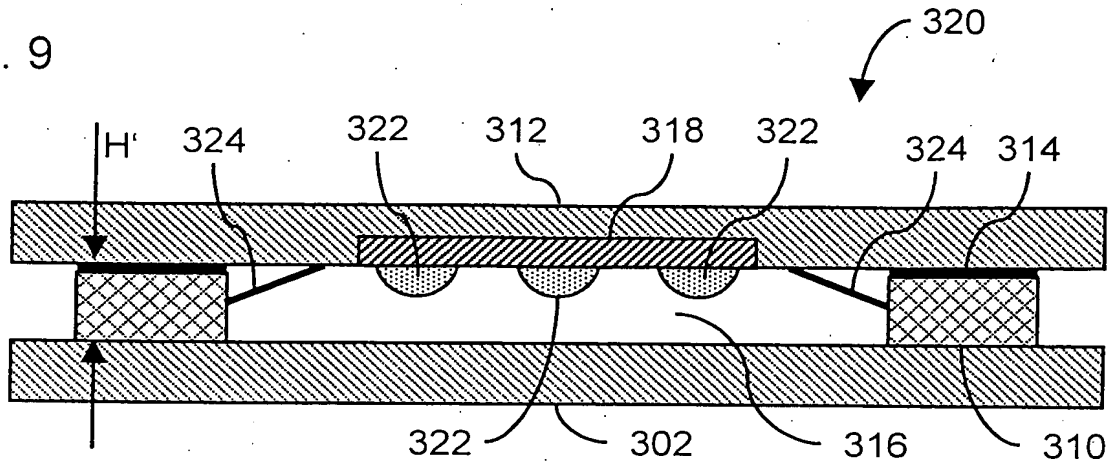
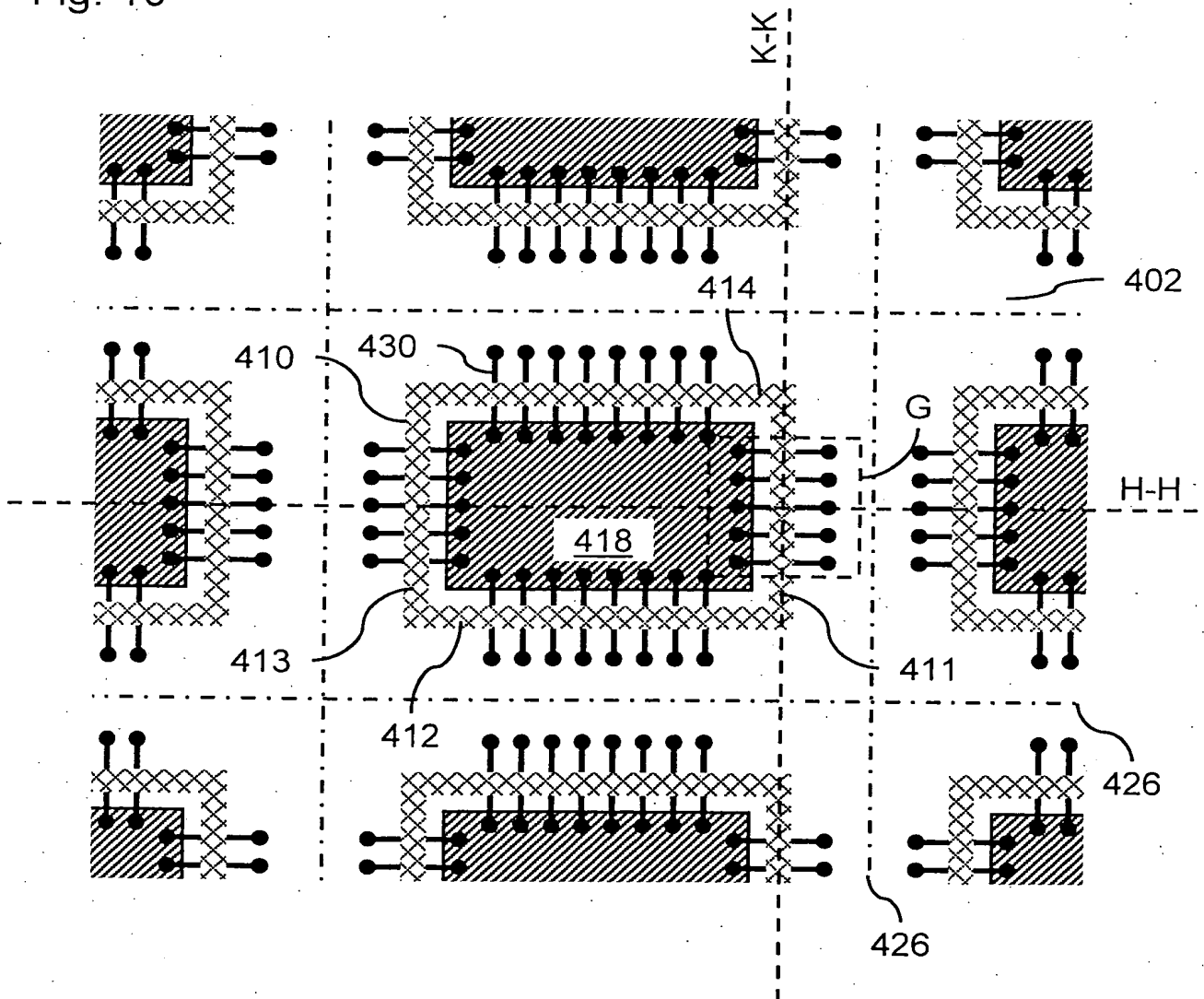


Fig. 10



(8 - 12)

Fig. 11

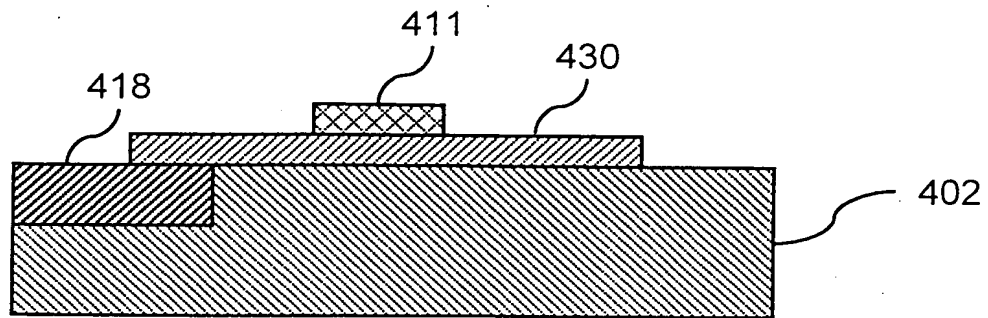


Fig. 12a

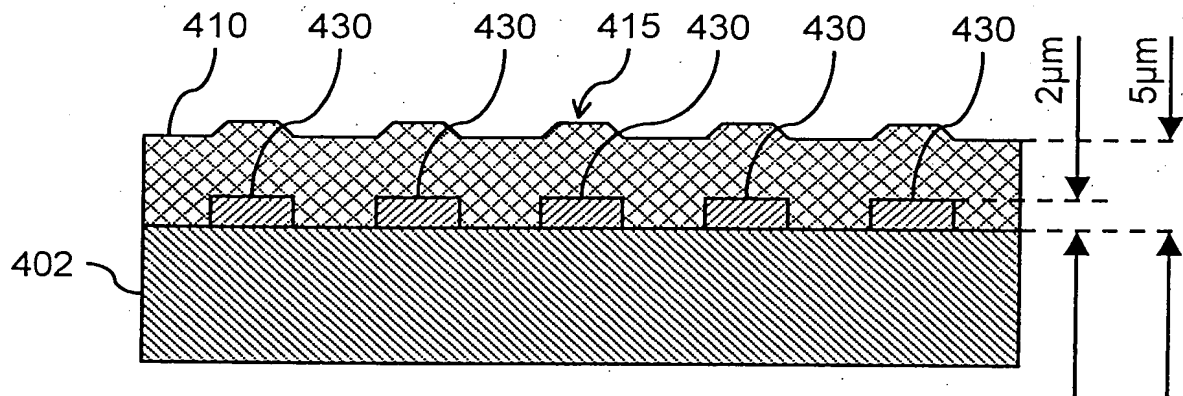
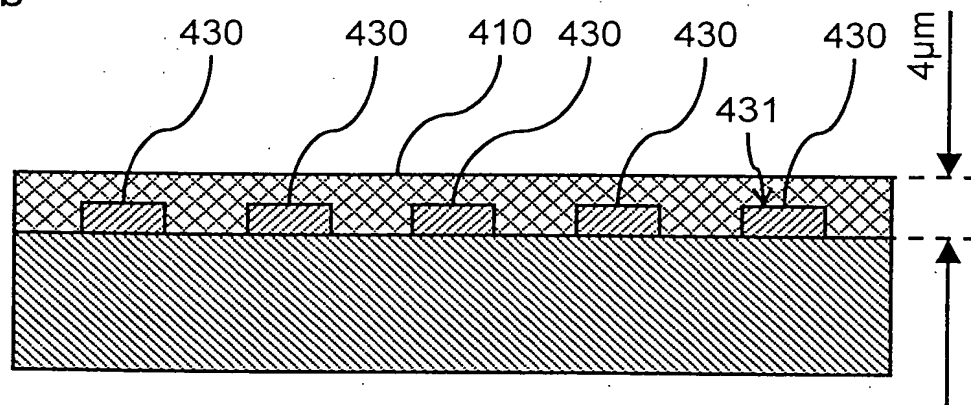
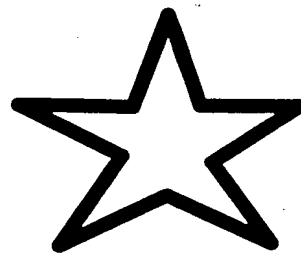
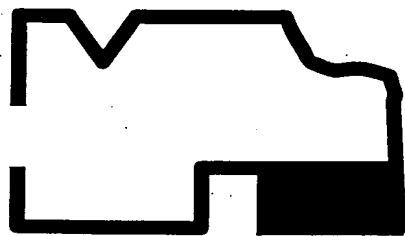
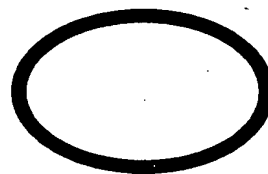
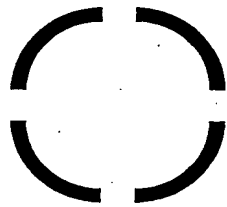


Fig. 12b



(9 - 12)

Fig. 13



(10 - 12)

Fig. 14

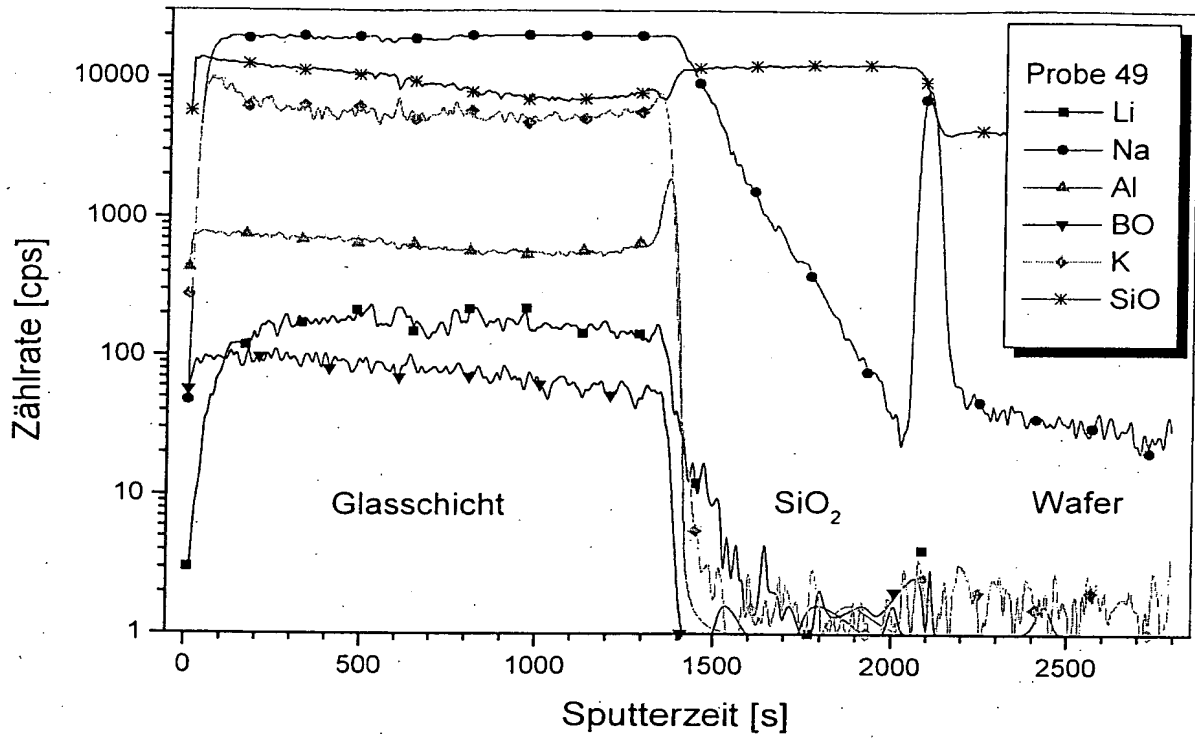
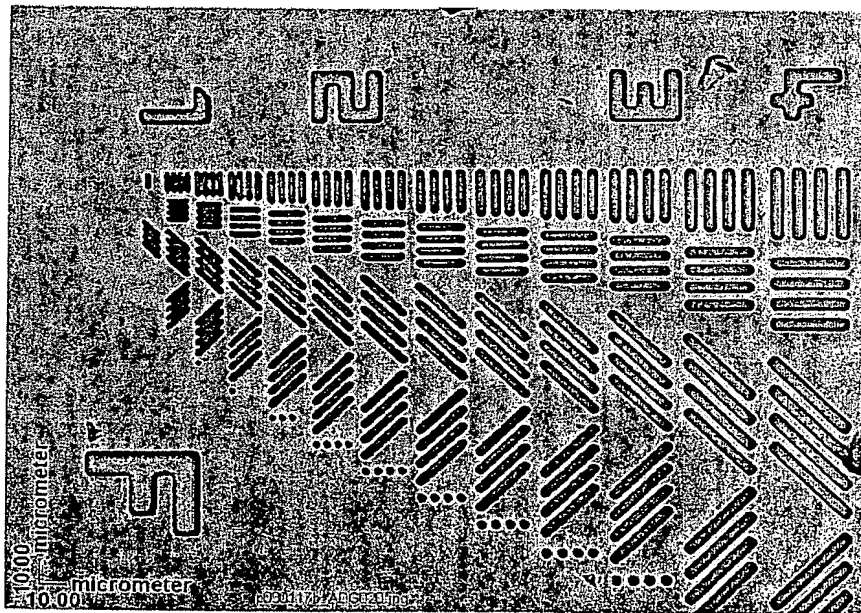


Fig. 15



(11 - 12)

Fig. 16

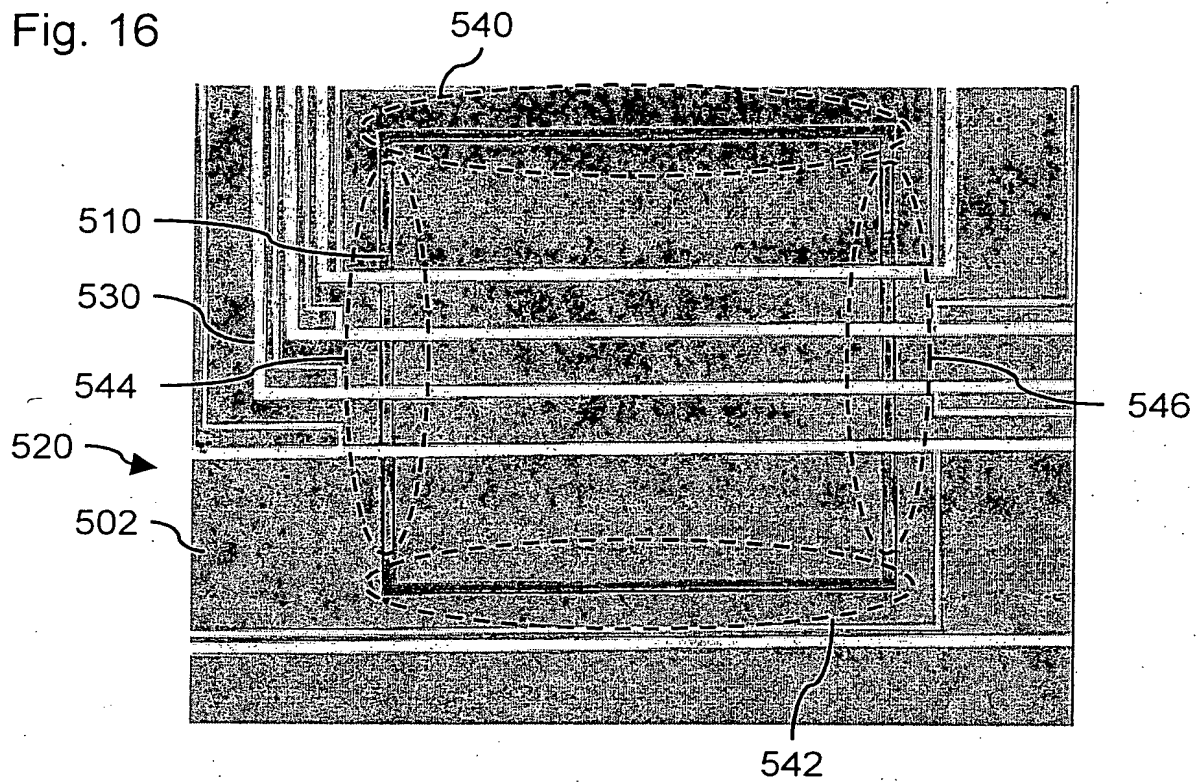
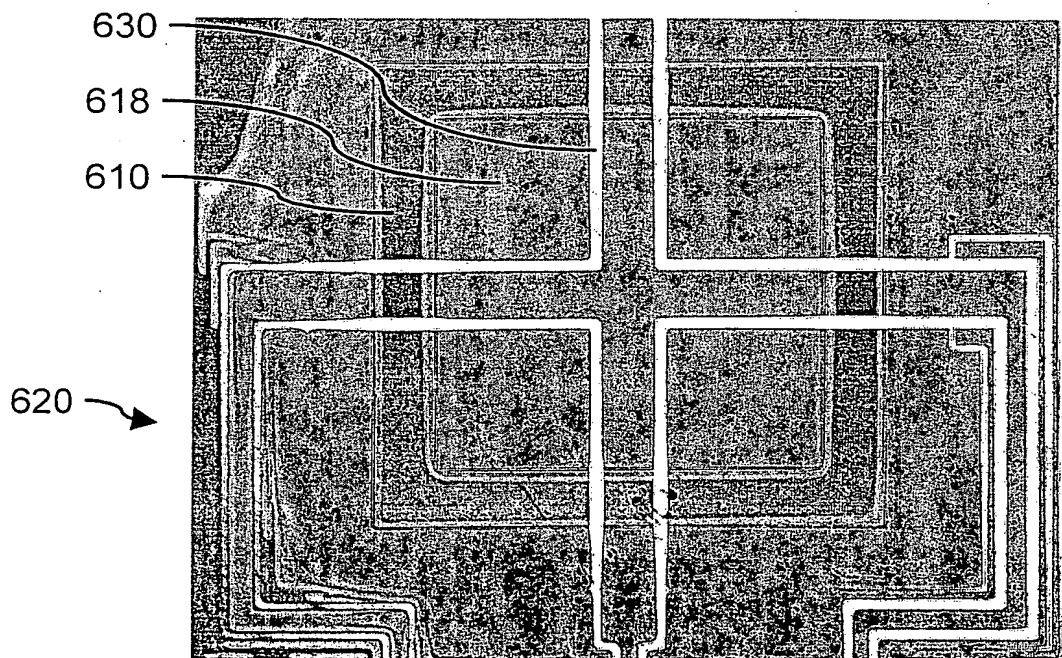


Fig. 17



(12 - 12)

Fig. 18

